

مقایسه حداکثر بارش محتمل با مقادیر بارش های طراحی روزانه برای دوره های بازگشت مختلف در منطقه همدان

صفر معروفی^۱

(تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸۵/۷/۳)

در این مطالعه، مقدار بارندگی حداکثر محتمل با مقادیر حداکثر بارندگی های روزانه، برای دوره های بازگشت مختلف، در سطح استان همدان مورد مقایسه قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا مقدار PMP چهارده ایستگاه هواشناسی از حوضه های آبریز رودخانه های گاماسیاب و سیمینه رود (قره چای) که در استانهای کرمانشاه و همدان واقع شده اند، براساس روش هرشفیلد و با استفاده از آمار بلندمدت بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته محاسبه شد. سپس مقادیر بارندگی حداکثر روزانه گسترش یافته هر ایستگاه براساس مناسب ترین توزیع احتمالاتی، برای دوره های بازگشت ۲ الی ۱۰۰۰۰ ساله محاسبه شد. در مرحله بعد، این مقادیر احتمالاتی بارندگی حداکثر روزانه ایستگاه های مورد نظر با مقادیر PMP نظیر آن مقایسه گردید. نتایج بدست آمده نشان می دهد، اگرچه در سطح ایستگاه های منطقه مقادیر PMP بین ۱۵۱ و ۴۸۵ میلیمتر در نوسان بوده، ولی متوسط ضریب تغییرات آنها ۲۹ درصد می باشند. میزان ضریب تغییرات بارندگی حداکثر روزانه نیز بین ۲۲ و ۵۰ درصد (میانگین ۲۶ درصد) در نوسان بوده و با افزایش دوره بازگشت (به خصوص پس از دوره بازگشت ۱۰۰ ساله) افزایش می یابد. نسبت بارندگی حداکثر روزانه به بارندگی حداکثر محتمل برای دوره های بازگشت مختلف بین ۱۲/۰ و ۵۰/۰ تغییر نموده و با افزایش دوره بازگشت، زیاد می شود. در صورتی که میزان متوسط ضریب تغییرات نسبت مذکور برای دوره های بازگشت مختلف، دارای تغییرات کمتری است و به طور متوسط ۱۴ درصد می باشد. ضریب همبستگی بین مقادیر بارندگی حداکثر محتمل و مقادیر نسبت بارندگی حداکثر روزانه به بارندگی حداکثر محتمل برای دوره های

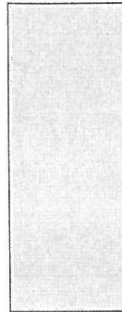
چکیده

*

*

*

بازگشت مختلف، متغیر بوده و بهترین ضریب همبستگی مربوط به بارندگی حداکثر روزانه با دوره بازگشت ۱۰۰۰۰ ساله است که در حدود ۰/۷ می باشد. نتایج بدست آمده همچنین نشان می دهند که بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰۰۰ ساله منطقه، در حدود ۵۰ درصد مقدار PMP می باشد که می تواند الگوی مناسبی برای کنترل تخمین حداکثر بارش محتمل، به خصوص در شرایطی که آمار مناسب و کافی وجود نداشته باشد، بشمار آید. کلمات کلیدی: بارندگی حداکثر محتمل، بارندگی حداکثر روزانه، سیمینه رود (قره چای)، گاماسیاب.



مقدمه

همه ساله مبالغ هنگفتی صرف اجرای طرحهای زیربنایی منابع آب نظیر سدهای انحرافی و مخزنی به منظور بهره برداری از منابع آبهای سطحی می شود. یکی از مهمترین بخش های اینگونه طرحها، تعیین ظرفیت سریز های خروجی، جهت حذف خطرات جانی ناشی از آنها می باشد. حداکثر سیلاب محتمل^۱ معیار طراحی سریز های خروجی اضطراری سدهایی است که مخزنی با ظرفیت بیش از ۶۰ میلیون متر مکعب و ارتفاع هیدرولیکی بیشتر از ۳۰ متر دارند. این سیلاب حداکثر محتمل که ممکن است در یک منطقه جاری گردد، با توجه به حداکثر بارندگی محتمل^۲ محاسبه می شود. طبق تعریف، حداکثر بارندگی محتمل، مقدار مشخصی از باران است که با یک دوام معین از سال، در محدوده مشخصی با توجه به شرایط فیزیکی و اقلیمی قابل وقوع می باشد [۶ و ۱۷]. در صورت وجود اطلاعات کافی ممکن است حداکثر بارندگی محتمل به صورت منحنی های هم مقدار برای مناطق وسیع ترسیم گردد [۱].

روش های بسیاری برای تخمین حداکثر سیل محتمل با توجه به موقعیت منطقه، در دسترس بودن داده ها و سایر عوامل ارایه شده است [۱۳ و ۱۴]. از این روش ها می توان (الف) مدل سیل ساختگی، (ب) حداکثر سازی و انتقال سیل های موجود، (ج) استفاده از داده های معمولی و یا داده های حداکثر سیلابها نظیر عمق، تداوم و پهنه سیل که از تعداد زیادی سیلاب واقعی اشتقاق یافته اند، (د) بکارگیری فرمول های تجربی که با توجه به حداکثر عمق، تداوم و پهنه سیل و یا براساس تئوری جریان تعیین شده اند، (ه) استفاده از روابط تجربی که بین متغیرهای مختلف وجود دارند در شرایطی که داده های موجود کامل و جامع باشند و همچنین آنالیز آماری داده های حداکثر بارندگی را

1. Probable Maxium Flood (PDM)

2. Probable Maxium Pricipitation (PMP)

ذکر نمود [۷].

به طور کلی حداکثر سیل محتمل براساس دو روش آماری و سینوپتیکی برآورد می گردد [۲]. در روش سینوپتیکی (فیزیکی) که براساس مطالعه رگبار شدید استوار است، پس از اعمال ضرایبی برای حداکثر نمودن مقادیر رگبارها، حداکثر بارش محتمل با توجه به شرایط کوهستانی و یا غیر کوهستانی بودن، تعیین می شود. در روش آماری که مبتنی بر تحلیل آمار بارندگی حداکثر روزانه می باشد، ممکن است براساس روش هرشفیلد و یا بت لاهمی صورت گیرد [۳، ۹ و ۱۰]. در این روشها، مقدار حداکثر بارش محتمل با توجه به معادله عمومی فرکانس که توسط چاو ارایه شده است [۴] و [۵]، محاسبه می شود. سازمان هواشناسی جهانی کار برد روش هرشفیلد را برای شرایطی پیشنهاد نمود که داده های بلندمدت بارندگی روزانه وجود داشته ولی آمار دمای نقطه شبنم دارای کمبود باشد [۱۵، ۱۶ و ۱۷]. تجزیه و تحلیل مستقیم داده های بارندگی حداکثر روزانه و بررسی روابط آن با سیل حداکثر محتمل، از دیگر مواردی است که مورد توجه محققان بوده است [۸، ۱۱ و ۱۲]. تجزیه و تحلیل منطقه ای و فصلی بارش های حداکثر روزانه و سالانه می تواند در طراحی سربزهای خروجی سدها، آبگذرهای زیر بزرگراهها، تاسیسات کنترل سیلاب شهری و غیره مفید باشد. این روشها می تواند در تعیین سیل حداکثر محتمل، تجزیه و تحلیل سیلابها، به خصوص در شرایطی که آمار کافی و یا دقیقی از ایستگاه های بارانسنجی وجود ندارد بکار برده شوند. بدین منظور معمولاً با استفاده از یکی از توزیع های آماری و براساس مقادیر بارندگی حداکثر روزانه یک دوره آماری بلندمدت یک ایستگاه و یا منطقه، می توان مقادیر بارش طراحی و یا حداکثر بارش محتمل را برای دوره بازگشت های مختلف تخمین زد.

هدف اصلی این مطالعه، مقایسه مقادیر بارندگی حداکثر محتمل با مقادیر حداکثر بارندگی روزانه در دوره های بازگشت مختلف در سطح استان همدان، به منظور پیش بینی حداکثر بارندگی محتمل آن است، تا در صورت کمبود آمار در یک منطقه به خصوص از این استان، بتوان با توجه به میزان نسبت های مربوطه، آن را به گونه ای تخمین زد که به واقعیت نزدیکتر باشد.

مواد و روش ها

انتخاب ایستگاه های شاخص

در این مطالعه به منظور مقایسه حداکثر بارش محتمل با مقادیر حداکثر بارندگی های روزانه از داده های بلندمدت روزانه ایستگاه های سینوپتیک نوژه، فرودگاه همدان، ملایر و همچنین ایستگاه های بارانسنجی و تبخیرسنجی قهاوند، گوشه نهاوند، گیتو، آران، آغاجابلاغی، فیروزآباد، زهتران،

قوزلو، سلطان بلاغ، ده اروان و ورآینه استفاده شده است. انتخاب ایستگاه های بارانسنجی با توجه به در دسترس بودن آمار، توزیع مناسب منطقه ای، طول دوره آماری و حتی المقدور هم دوره بودن اطلاعات ایستگاه ها در دوره های آماری بیش از ده سال انجام گردید. طول دوره آماری ایستگاه های منتخب بین ۱۳ تا ۳۵ سال است. این ایستگاه ها که در جدول ۱ مشخصات آنها ارایه شده، در بخش های شمالی، مرکزی و جنوبی استان همدان و در حوضه های آبریز رودخانه های گاماسیاب (کرخه) و سیمینه رود (قره چای) که به ترتیب به خلیج فارس و دریاچه قم می ریزند، قرار گرفته اند.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه های مختلف مورد استفاده برای محاسبه حداکثر بارش محتمل

ردیف	ایستگاه	نوع ایستگاه	عرض شمالی	طول شرقی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۱	فرودگاه همدان	سینوئیک	۳۴-۵۱	۴۸-۳۲	۱۷۴۹
۲	ملایر	سینوئیک	۳۴-۱۷	۴۸-۴۹	۱۷۴۰
۳	نوزه همدان	سینوئیک	۳۴-۵۱	۴۸-۳۲	۱۷۴۹
۴	قوزلو	تبخیرسنجی	۳۵-۳۸	۴۸-۰۷	۲۰۰۰
۵	آغاچانلاغی	تبخیرسنجی	۳۴-۵۰	۴۸-۰۳	۱۷۱۰
۶	ورآینه	تبخیرسنجی	۳۴-۰۵	۴۸-۲۴	۱۸۰۰
۷	فیروزآباد	تبخیرسنجی	۳۴-۲۱	۴۸-۰۷	۱۵۰۰
۸	قهاوند	تبخیرسنجی	۳۲-۵۱	۴۸-۱۹	۱۶۳۰
۹	گوشه نهاوند	باران سنجی	۳۴-۱۷	۴۸-۱۴	۱۵۲۰
۱۰	آران	باران سنجی	۳۴-۲۵	۴۷-۵۵	۱۴۴۰
۱۱	ده اروان	باران سنجی	۳۵-۳۷	۴۹-۱۰	۱۸۵۰
۱۲	زهرتان	باران سنجی	۳۵-۱۵	۴۹-۰۸	۱۷۵۰
۱۳	سلطان بلاغ	باران سنجی	۳۵-۳۲	۴۹-۱۱	۱۸۵۰
۱۴	گینو	باران سنجی	۳۵-۱۹	۴۸-۱۰	۲۱۰۰

تصحیح و تکمیل دوره آماری بارندگی ایستگاه ها

پس از انتخاب ایستگاه ها، دوره شاخص آماری مطالعات، براساس طولانی ترین دوره آماری موجود ایستگاه های مورد مطالعه، دوره ۸۴-۱۳۴۵ بوده است. پس از تعیین دوره شاخص آماری، جهت تصحیح و تکمیل داده ها اقداماتی به شرح زیر انجام گردید:

۱- ابتدا با توجه به اینکه ثبت آماری سازمان هواشناسی طبق سالهای میلادی و وزارت نیرو براساس سال های شمسی و سال آبی می باشد، لذا آمار ایستگاه های انتخابی متعلق به سازمان هواشناسی به ساختاری نظیر آمارهای ثبت شده وزارت نیرو، تبدیل شد.

۲- سپس برای آمار ایستگاه های انتخابی فوق الذکر، به کمک نرم افزار CFA88، آزمونهایی با

فرضیات ذیل انجام شد: (الف) در هر ایستگاه آمار بارندگی های سالانه در سطح ۵٪ یک سری تصادفی را تشکیل می دهند، (ب) در هر ایستگاه آمار بارندگی های سالانه در سطح ۵٪ ارقام مستقل را از هم تشکیل می دهند، (ج) در هر ایستگاه آمار بارندگی های سالانه در سطح ۵٪ روند مشخصی را نشان نمی دهد، (د) در هر ایستگاه آمار بارندگی های سالانه در سطح ۵٪ ارقام همگنی را تشکیل می دهند.

۳- در مرحله بعد با استفاده از نرم افزار HEC-4، با ایجاد روابط همبستگی مناسب (در سطح ۱۰٪) بین متغیرهای استاندارد لگاریتم ارقام نظیر بارندگی های سالانه کلیه ایستگاه های انتخابی، نسبت به گسترش دوره آماری آنها تا حد دوره آماری (۸۴-۱۳۴۵) اقدام گردید.

تحلیل فراوانی حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه ها

به منظور برآورد مقادیر حداکثر بارندگی های ۲۴ ساعته ایستگاه ها در دوره های بازگشت مختلف، ابتدا بیشترین بارندگی ۲۴ ساعته سالانه در طول دوره آماری هر ایستگاه استخراج و سپس به کمک نرم افزار Hyfa^۱، با هفت توزیع آماری مختلف برازش داده شد. پارامترهای توزیع های استفاده شده به روش های مستقیم گشتاورها^۲، غیرمستقیم گشتاورها^۳ و حداکثر درستنمایی^۴ برآورد شدند. در مرحله بعد براساس کمترین مقادیر میانگین انحراف نسبی^۵ و میانگین مربع انحراف نسبی^۶، مناسب ترین توزیع آماری منطبق بر آمار حداکثر بارندگی های ۲۴ ساعته ایستگاه های مورد نظر تعیین و مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به این روش، مقادیر حداکثر بارش روزانه ایستگاه های مورد نظر، برای دوره های بازگشت مختلف (Return period: T) ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ ساله محاسبه گردید.

بررسی ویژگی های بارش ایستگاه ها

پس از بررسی کنترل وصحت داده ها با توجه به آمار روزانه تطویل یافته ایستگاه های مورد نظر، ابتدا مقادیر ماهانه، فصلی و سالانه داده های بارندگی و پارامترهای بلندمدت آنها محاسبه شد. در مرحله بعد مقادیر درصد توزیع فصلی داده های مورد نظر، نسبت به مقادیر بلندمدت سالانه محاسبه گردید.

1. Hydrology Frequency Analysis
2. Direct Method of Moments
3. Indirect Method of Moments
4. Maximum Likelihood procedure
5. MRD
6. MSRD

مقادیر حداکثر بارندگی محتمل

با توجه به روش آماری هرشفیلد حداکثر بارش محتمل ایستگاه های مورد نظر برآورد گردید [۹ و ۱۰]. هرشفیلد براساس فرمول عمومی تناوب، رابطه PMP را به صورت ذیل ارایه نموده است [۴]:

$$PMP = \overline{X}_n + K_m \sigma_n \quad (۱)$$

که در آن PMP حداکثر بارندگی محتمل روزانه، $\overline{X}_n$ میانگین داده ها، σ_n انحراف معیار داده ها و K_m ضریب فرکانس است.

در این روش تصحیحاتی در رابطه با طول دوره آماری، محدوده زمانی ثابت مشاهداتی و مقادیر حداکثر آنها وجود دارد که ضرایب مربوطه آنها با استفاده از جداول و نمودارها بدست می آید. پس از اعمال ضرایب تصحیحاتی، رابطه فوق برای منطقه مورد نظر به صورت زیر خواهد شد:

$$PMP = 1.13 (\overline{X}_n + K_m \sigma_n) \quad (۲)$$

نتایج و بحث

توزیع بارش های ماهانه و فصلی

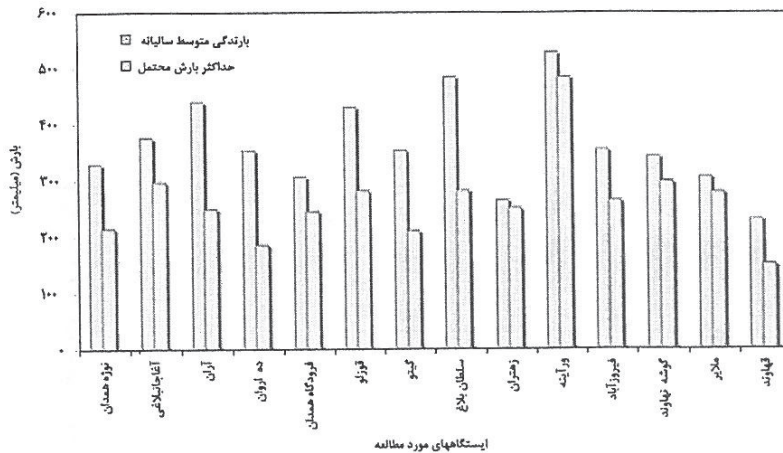
بررسی مقادیر داده های فصلی بارندگی ایستگاه های مورد نظر نشان می دهد که توزیع بارندگی فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب حدود ۳۱، ۱، ۲۹ و ۳۹ درصد می باشد. تغییرات باران ماهانه نیز ۲/۰ تا ۱۶ درصد و به طور متوسط ۸ درصد است. بیشترین میزان بارندگی در فصل زمستان و به خصوص در اسفند ماه می باشد.

فرکانس مقادیر حداکثر بارش روزانه

با توجه به مقادیر حداکثر بارش روزانه ایستگاه های مورد نظر و روش های مختلف احتمالاتی، برای هر ایستگاه براساس مناسبترین توزیع آماری منطبق بر داده ها، مقادیر احتمال وقوع (دوره های بازگشت مختلف) حداکثر بارش روزانه محاسبه شد که نتایج آنها در جدول ۲ آورده شده است. همچنین شکل ۱ نشان می دهد که ضریب تغییرات حداکثر بارندگی روزانه بین ۲۲ و ۵۰ درصد (میانگین ۲۶ درصد) در نوسان بوده و با افزایش دوره بازگشت، به خصوص پس از دوره بازگشت ۱۰۰ ساله افزایش می یابد.

جدول ۲- مقادیر بارندگی های حداکثر روزانه برای دوره های بازگشت مختلف (میلیمتر)

ردیف	ایستگاه	دوره بازگشت (سال)									
		۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۲۰	۱۰	۵	۲
۱	نوره همدان	۱۰۴	۸۲	۷۵	۶۰	۵۶	۵۲	۴۷	۴۱	۳۵	۲۸
۲	آغاچابلاغی	۱۵۲	۱۲۱	۱۱۲	۹۰	۸۱	۷۵	۶۹	۵۹	۴۹	۳۴
۳	آران	۸۵	۷۴	۷۲	۶۵	۶۲	۶۰	۵۷	۵۳	۴۹	۴۰
۴	ده اروان	۸۴	۷۰	۶۷	۵۴	۵۱	۴۷	۴۵	۴۰	۳۵	۲۹
۵	فرودگاه همدان	۸۵	۷۰	۶۶	۵۵	۵۰	۴۷	۴۴	۳۹	۳۴	۲۸
۶	قوزلو	۱۳۴	۱۰۹	۱۰۰	۸۰	۷۲	۶۷	۶۰	۵۵	۴۶	۳۵
۷	گیتو	۱۱۴	۹۱	۸۵	۶۹	۶۲	۵۸	۵۵	۴۹	۴۰	۳۱
۸	سلطان بلاغ	۱۱۷	۹۵۴	۸۷	۷۴	۶۸	۶۲	۵۷	۵۳	۴۲	۳۴
۹	زهتران	۱۲۷	۸۴	۷۲	۵۴	۴۵	۴۱	۳۸	۳۱	۲۷	۲۰
۱۰	ورآینه	۳۵۸	۲۳۷	۲۰۷	۱۴۷	۱۲۳	۱۰۴	۹۸	۸۰	۶۴	۴۴
۱۱	فیروزآباد	۱۰۸	۸۹	۸۲	۷۰	۶۴	۵۸	۵۶	۵۰	۴۴	۳۵
۱۲	ملایر	۱۴۲	۱۱۱	۱۰۲	۸۳	۷۴	۶۶	۶۳	۵۵	۴۶	۳۲
۱۳	گوشه نهاوند	۱۴۵	۱۱۳	۱۰۴	۸۵	۸۴	۶۷	۶۴	۵۷	۴۷	۳۴
۱۴	قیلوند	۱۰۴	۸۱	۵۸	۵۱	۴۵	۴۰	۳۸	۳۳	۲۸	۲۰

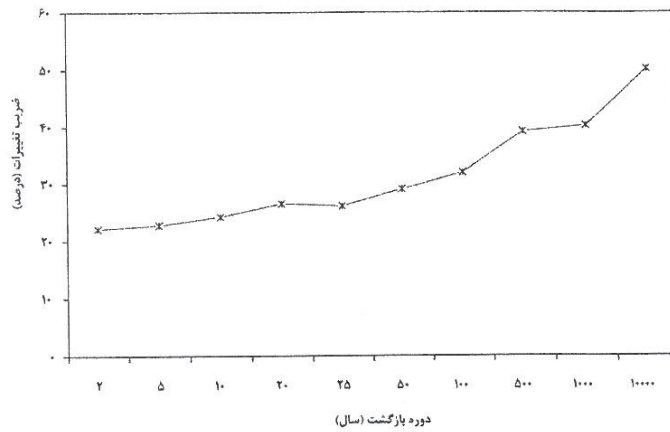


شکل ۱- ضریب تغییرات حداکثر بارش روزانه ایستگاه های منطقه برای دوره های بازگشت مختلف

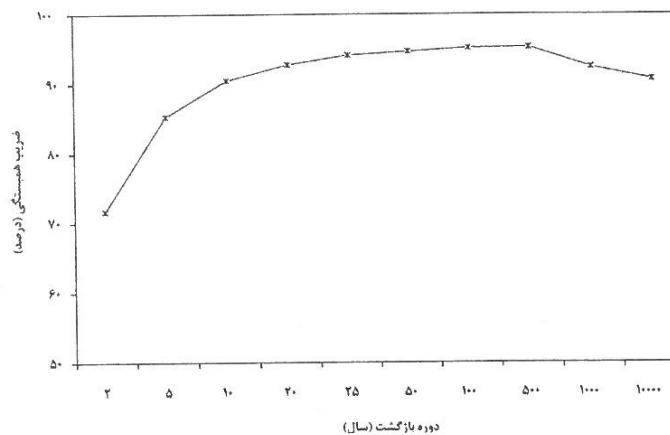
مقادیر حداکثر بارندگی محتمل

حداکثر بارش محتمل ایستگاه های مورد نظر براساس روش هرشفیلد برآورد گردید. شکل ۲ نتایج مربوطه را نشان می دهد. در این شکل علاوه بر مقادیر PMP، مقادیر بارش متوسط بلندمدت هر منطقه نیز جهت مقایسه نشان داده شده است. در سطح منطقه مقادیر PMP به طور متوسط در حدود ۷۳ درصد بارندگی بلندمدت سالانه می باشند. مقادیر PMP ایستگاههای مورد مطالعه بین ۱۵۱ و ۴۸۵ میلیمتر در نوسان بوده و دارای متوسط ضریب تغییرات حدود ۲۹ درصد می باشد. بین مقادیر حداکثر بارش روزانه در دوره های بازگشت مختلف و مقدار PMP متناظر ایستگاه های مورد مطالعه ضرایب همبستگی (r) مورد بررسی قرار گرفت که تغییرات آنها بین ۷۲ تا ۹۵ درصد و به طور متوسط ۹۰ درصد است. نتایج مربوطه نشان می دهد که با افزایش دوره بازگشت، میزان ضریب همبستگی (r) افزایش می یابد ولی در دوره های بازگشت ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰، این همبستگی ها اندکی کاهش می یابند (شکل ۳).

همچنین مقادیر حداکثر بارش روزانه برای دوره های بازگشت مختلف نسبت به مقدار حداکثر بارش محتمل (P_T/PMP) مربوط به هر یک از ایستگاه ها، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج مربوطه نشان می دهد نسبت های مذکور بین ۰/۱۲ تا ۰/۵۰ متغیر می باشد. بیشترین میزان مربوط به نسبت بین بارش ۱۰۰۰۰ ساله و حداکثر بارش محتمل (P_{10000}/PMP) است.



شکل ۲- مقایسه بارندگی حداکثر بلند مدت و حداکثر بارش ممکن ایستگاه های مورد مطالعه



شکل ۳- ضرایب همبستگی بین حداکثر بارش روزانه و حداکثر بارش محتمل برای دوره های بازگشت مختلف

با توجه به اینکه متوسط ضریب تغییرات نسبت های مذکور در بین ایستگاه های مختلف حدود ۱۴ درصد است و از طرفی ضریب همبستگی (r) بین PMP/P_{10000} و PMP محاسبه شده، حدود ۷۱ درصد می باشد، در صورت عدم اطلاعات لازم برای محاسبه دقیق PMP ، از داده های بارش با دوره برگشت ۱۰۰۰۰ ساله می توان برای تخمین قریب به یقین PMP استفاده کرد و یا مقادیر محاسبه

شده را کنترل نمود، به خصوص در شرایطی که آمار مربوطه کوتاه مدت بوده و یا قابل اعتماد نباشند.

منابع

- ۱- خلجی پیربلوطی، مهدی و علیرضا، سپاسخواه، ۱۳۸۱، رسم منحنی های حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته باروش های مختلف آماری و مقایسه آن با روش سینوپتیکی برای ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ششم، شماره اول، بهار.
- ۲- رشتی، ژاله، ۱۳۷۱، برآورد حداکثر بارش محتمل به روش های مختلف، مطالعه موردی برای حوضه آبریز طالقان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
3. Bethlahmy, N., 1984, Long-term Hydrologic Events from Short-term Records, Journal of Hydrology, 68, 141-148.
4. Chow, V.T., 1951, A General Formula for Hydrologic Frequency Analysis, Trans. Am. Geophys. Union 32, 231-237.
5. Chow, V.T., 1954, The Log-probability Law and its Engineering Applications, Proc., ASCE, (80), 1-25.
6. Chow, V.T., D., Maidment and L.W., May, 1988, Applied Hydrology, McGraw Hill International, London.
7. Collier, C.G. and Hardaker, P.J., 1996, Estimation Probable Maximum Precipitation Using a Storm Model Approach, Journal of Hydrology, 183, 277-306.
8. Desa, M., M., N., Noriah, A., B., and Rakhecha, P., R., 2001, Probable Maximum Precipitation for 24h Duration over Southeast Asian Monsoon Region-Selanger, Malaysia, Atmospheric Research, 58, 41-54.
9. Hershfield, D., M., 1961, Estimating the Probable Maximum Precipitation, Journal of Hydraul. Div., ASCE (87), HY5, 99-116.
10. Hershfield, D., M., 1965, Method for Estimating the Probable Maximum Precipitation, Journal of Am., Water Works Assoc., 57, 965-972.
11. Thompson, C., S., 1993, Estimation of Probable Maximum Floods from the Southern Alps, New Zealand, IAHS Publ., 213.

12. Tomlinson, A., I., and Thompson, C., S., 1992, Probable Maximum Precipitation in New Zealand, New Zealand Meteorological Service, Wellington, Rep., May, 213 pp.
13. Wang, B., H., 1984, Estimation of Probable Maximum Precipitation, Case Studie, Journal of Eng., 110: 1457-1471.
14. Wienser, C., J., 1970, Hydrometeorology, Chapman and Hall, London, 232 pp.
15. Word Meterological Organization, 1969, Estimation of Probable Maximum Floods, WMO Tech., Note No. 98, TP-126.
16. Word Meterological Organization, 1970, Guide to Hydrometeorological Practices, WMO No. 168, TP-82.
17. Word Meterological Organization, 1986, Manual for Estimation of Probale Maximum Precipitation, Operational Hydrology Report No. 1, 2nd edn., WMO, No. 332, p. 269.

